

Opponensi vélemény

Kiss Tamás: Complex Scheduling Problems

(Összetett ütemezési problémák)

című MTA doktori értekezéséről

1. Általános megjegyzések

A dolgozat 107 oldal, plusz egy rövid Appendix, amely táblázatokat és a fontosabb fogalmak összefoglalását tartalmazza. A bőséges irodalomjegyzék 106 tételt tartalmaz.

A disszertáció a következő fő fejezetekből áll: Egy rövid (kétoldalas) Bevezetés, valamint három fő fejezet (2.-4. fejezetek) amelyek három lényegesen különböző modellt tárgyalnak, és bemutatják a fő eredményeket. A dolgozat a szerző (és társszerzői) 10 cikkére épül.

Az angol nyelvű értekezés szép kivitelű, jól strukturált, alapvetően hibamentes. Az anyag rendkívül sok és nehéz eredményt tartalmaz, emiatt kissé tömör, követi a dolgozat alapjául szolgáló publikációk szerkezetét. Az értekezés formai szempontból megfelel az általános követelményeknek.

2. Témaválasztás, eredmények

Az ütemezéselmélet az operációkutatás egyik nagyon fontos területe. Egy ütemezési feladat során erőforrásokat rendelünk tevékenységekhez, és meghatározzuk a tevékenységek végrehajtásának idejét. Különböző korlátozások lehetségesek, amelyeket be kell tartani, és a célfüggvény is sokfajta lehet. Ezen belül, a dolgozat projektütemezési feladatokkal foglalkozik. Ennek során azon kívül hogy a tevékenységeket gépekhez rendeljük (a gép is tekinthető erőforrásnak), más, további (megújuló vagy nem megújuló) erőforrások, illetve ilyenek kombinációi is lehetségesek, továbbá a tevékenységek között megelőzési relációk is lehetnek. Kiemelem, hogy a hasonló jellegű feladatok megoldásában, a dolgozat szerzője az egyik legjelesebb hazai szereplő.

A dolgozat 2. fejezetében a cél a megújuló erőforrások egyenletes használata. Ez a következőt jelenti: Adott a tevékenységek maximális befejezési ideje, és az erőforrásokat lehetőleg egyenletesen szeretnénk felhasználni (az időhorizonton belül), vagyis az erőforrás felhasználás lehetőleg ne lépjen túl egy bizonyos felső korlátot, vagy ha túllépi azt, akkor a

lehető legkevesébé, vagyis a túllépést minimalizáljuk. A feladattal kapcsolatos legkorábbi eredmények a 80-as évekből származnak. A dolgozat szerzője többféleképpen általánosítja az alapfeladatot, az alábbiak szerint, az egyes szakaszok alapjául rendre a szerző [35], [36] és [14] publikációi szolgálnak (a bírálóiban a Tézisfüzetben adott sorszámkra hivatkozok).

A 2.1. alfejezetben a tevékenységek intenzitása (erőforrás felhasználása) időben változik. A szerző megmutatja hogy a feladat erősen NP-nehéz (ami egyébként nem meglepő), a PFSP (preemptív flow shop) feladatról való pseudo-polinomiális transzformációval. Eztán egy elég bonyolult vegyes egésztértékű programot ír fel a feladat megoldására. Erre új, érvényes egyenlőtlenségeket vezet be, amelyek a relaxált feladat konvex burkának lapjait határozzák meg. Egy új, polinomiális idejű szeparációs eljárást ismertet, ennek számítási eredményei igazolják hogy az új egyenlőtlenségek segítik az optimális megoldás megtalálását. Az alfejezet Kiss [35] publikációján alapul, amely a Mathematical Programming folyóiratban jelent meg.

2.2. alfejezet. Egy másik általánosítás kerül itt tárgyalásra, amikor az egymást megelőző tevékenységek részben átfedhetik egymást, illetve “etetik” (feeding) egymást. Ezzel a feltétellel a félkész termékek gyártása és beépítése írható le. Ez egy új modell, amelyet a szerző definiált és vizsgált elsőként a Kiss [36] könyvfejezetben. Az előző alfejezetben tárgyat poliéderek eredmények itt is hatékonyan használhatók.

A 2.3. alfejezet Drótos és Kiss [14], European Journal of Operational Research-beli cikkén alapszik. Itt a feladatok eleve gépekhez vannak rendelve, minden munkához adott egy intervallum és ezen belül kell végrehajtani, de nincs meghatározva hogy pontosan mikor. Minden gépen adott még a feladatok sorrendje is, kivéve az első gépet. A cél a feladatok végrehajtásához szükséges erőforrások valamely függvényének a minimalizálása. A szerzők megállapítják hogy a feladat NP-nehéz, ha viszont az első gépen is rögzített a sorrend, akkor polinomiális időben megoldható. Ennek az eredménynek a jelentőségét az adja, hogy ezáltal (a rögzített sorrend melletti egygépes feladat ismételt megoldásával és más technikák segítségével) az általános feladat hatékonyan megoldható.

A 3. fejezet nem megújuló erőforrásokkal korlátozott ütemezése feladatokkal foglalkozik. A problémafelvetés neves szerzőktől származik a 80-as évekből. Megújuló erőforrásokból, adott időpontokban történik beszállítás, és a feladatok végrehajtásuk közben ezekből fogyasztanak. Negatív készlet nem megengedett, és ez korlátozza a feladatok ütemezését.

A dolgozat szerzője definiál egy, a korábbiaktól látszólag független problémát. Itt az erőforrások helyett félkésztermékek vannak, amelyeket a feladatok állítanak elő végrehajtásuk közben. Adottak határidők és igényelt mennyiségek. A maximális késést minimalizáljuk.

A 3.1. alfejezet az előbbi modellekkel, ezek kapcsolatával foglalkozik, egygépes környezetben, valamint a hátizsák feladat bizonyos változataival. Sok esetben valamely probléma átvezethető egy másikra (approximációt megőrző redukcióval), és így az egyik feladat algoritmusai használhatók a másikra is. A 3.2 alfejezet többgépes modelleket vizsgál.

A fejezetben sok eredményt közöl, ezek a szerző 6, jelentős folyóiratokban megjelent cikkei eredményein alapulnak.

A 4. fejezet kétszintű ütemezési feladatokkal foglalkozik. Itt van egy felső szintű döntéshozó, a “vezető”, és egy alárendelt, a “követő”. A vezető dönt először, de bekalkulálja hogy bizonyos részletekben a követő majd saját belátása szerint fog dönteni. Második fázisban tehát a követő dönt, a vezető által megadott korlátokat figyelembe véve, de ezen belül, a saját célfüggvényét optimalizálja. Tipikus példa az, hogy felső szinten a vezető gépekhez rendeli a feladatokat, majd az egyes gépeken a feladatok sorrendjét a követő dönti el. Nagyon kevés korábbi eredmény van, és ezek főleg esettanulmányok. A szerző publikációi (ezek között Kis és Kovács [38], OR Spectrum) az első munkák amelyek szisztematikus, elméleti vizsgálatokat, és azok eredményeit közlik. A szerző meghatározza a feladat egy változatának a MAX-k-Cut feladattal való kapcsolatát, ezek szép és érdekes (és értékes) eredmények. Több speciális esetre polinomiális algoritmust vezet be, egy NP-nehéz változatra FPTAS-t (teljesen polinomiális idejű approximációs séma) ad meg a $P_m \mid \mid \sum w_j c_j$ feladatra adott FPTAS általánosításával. A 4.2 alfejezet a kétszintű rendelés elfogadási feladatot tárgyalja, ennek egy speciális esetére az $1 \mid \mid \sum U_j$ feladatra adott Moore-Hodgson algoritmust általánosítja.

3. Kritikai megjegyzések

Álljon itt néhány kritikai megjegyzés, ezzel a jelölt dologát is meg szeretném némiképp megkönnyíteni, az alább felsoroltakra szeretnék választ kapni. Előre bocsátom, hogy a felsoroltak jelentős része apróság.

1. Az (1.1.) képletben a szumma alatt (véleményem szerint) az egyik egyenlőtlenség szigorú kell hogy legyen. Mondjuk a jobboldali.

2. Sajnos sok helyesírási hiba van a tézisfűzetben, pl. “megszítható” (6. oldal alsó bekezdés), “egynelötlenség” (2. Lemma és szintén 2. Prop.), “rögtített” 14. oldal, approxmáció (16. oldal), “kövező” (23. oldal) stb.
3. Kérnék szépen egy konkrét gyakorlati példát (más néven motivációt vagy alkalmazást), amikor a 2.2. fejezetbeli “etető” megelőzési korlátokkal találkozunk.
4. A 6. Tétel utáni rész beszél arról, hogy az eredmény hogyan használható fel az általános feladat megoldására. Ezt kérném egy kicsit bővebben részletezni.
5. A Tézisfűzet 16. oldalának felső bekezdése végén található a célfüggvény eltolása. Nyilván, így egy másik célfüggvényt kapunk. Mennyire önkényes ez az eltolás? Mit lehet mondani az eredeti illetve az eltolt célfüggvény approximációjáról (azok kapcsolatáról)? Szerepel-e ilyen jellegű eltolás a szakirodalomban? Ide kapcsolódik a 16. Tétel állítása, itt akkor nem L_{max} a célfüggvény, hanem ennek eltoltja.
6. A 3.2 fejezetben szerepel Graham LS algoritmusának approximációs aránya, ez szerintem $2-2/m$. Ugyanitt egy kicsit lejjebb: Miért általánosabb az a feladat ahol L_{max} a célfüggvény nem pedig a C_{max} célfüggvény (vagy a kibocsátási idők miatt általánosabb a feladat)?
7. A 4. Propozíció esetén hogyan kell érteni azt hogy “mindig van optimális megoldása” a feladatnak? Ezt azt jelenti, hogy van olyan optimális megoldás, amelynek során mindkét döntéshozó csak a saját célfüggvényét tekintve optimális stratégiát követ?
8. Mivel explicit módon a tézisfűzetben nem szerepel, a tézisfűzet 2., 3., és 4. fejezeteit tekintettem egy-egy tézisnek. Megjegyzem továbbá, hogy a Tézisfűzetben a tételek, képletek számozása nem teljesen egyezik meg a dolgozatban levővel.

4. ÖSSZEFOGLALÓ ÉRTÉKELES

Az értekezés egységes, nagyon sok értékes eredményt közöl összetett (projekt)ütemezési feladatokkal kapcsolatban. Kiemelendő, hogy ezen feladatok mind elméleti, mind pedig gyakorlati szempontból is jelentősek, az operációkutatás kiemelt területéhez tartoznak. A dolgozat eredményeit a szerző 10 publikációja támasztja alá közvetlenül (és továbbiak közvetve). Ezen cikkek rangos nemzetközi folyóiratokban jelentek meg. A felhasznált eszközök bizonyítják a jelöltnek a terület széles és alapos ismeretét.

Mindezek alapján a dolgozatban közölteket elfogadom új tudományos eredményekként.

Összefoglalóan megállapítható, hogy Kiss Tamás értekezése mind formai, mind tartalmi vonatkozásban megfelel az MTA doktori szabályzatában előírt követelményeknek. A jelölt a PhD fokozat megszerzése óta kiemelkedő új tudományos eredményekkel gyarapította a kutatási területét. Mindezek alapján javaslom a nyilvános vita kitűzését és Kis Tamás részére az MTA doktora cím odaítélését.

Veszprém, 2018. január 31.

Dr. Dósa György